

# VON ZUG ZU ZUG

Verkehrslageinformationen für sicheren Schienenverkehr

Von Prof. Dr. Thomas Strang

**T**agesschau, 20 Uhr. Nach den Meldungen vom politischen Weltgeschehen wird über die schwere Kollision eines Zuges mit einem Baufahrzeug berichtet. Ein paar Tage zuvor fast die gleiche Meldung: Ein Regionalzug kollidierte mit einem PKW an einem Bahnübergang. Warum können solche Kollisionen auch heute noch passieren, wo gerade die Europäer stolz auf die hohen Investitionen in die Sicherheit der Technik verweisen? Wissenschaftler dreier DLR-Institute gehen dieser Frage nach.



Als Ursache von Zugkollisionen wird häufig eine „Verkettung unglücklicher Umstände“ oder „menschliches Versagen“ ermittelt. Und genau das ist des Pudels Kern: Schwere Unfälle haben oft ein sehr komplexes Störfallmuster. Einfachere Ursache-Wirkung-Szenarien sind durch infrastrukturelle oder operative Maßnahmen abge-

deckt. Sie gewährleisten weitestgehend, dass Gefahrensituationen erkannt und vermieden werden. Situationen, an die vorher noch nie jemand gedacht hat, die sich aber katastrophal entwickeln können, kann man nie ganz ausschließen. Der Mensch ist dabei nach wie vor der größte Unsicherheitsfaktor.

Wie lassen sich Unfälle vermeiden? Dies ist eine der Fragen, denen sich die Verkehrsforschung im DLR widmen. Dabei wird ein im Bahnbereich völlig neuer Ansatz untersucht, bei dem eine der Grundannahmen darin besteht, dass es immer Situationen geben wird, in denen auch die aufwändigsten Sicherheitsfunktionen





nicht wirksam werden. Folgerichtig konzentrieren sich die Wissenschaftler nicht auf eine weitere Verbesserung der Infrastruktur oder der operativen Abläufe. Sie untersuchen, wie Kollisionen durch zusätzliche „Awareness“, also bewusstseinsbildende Maßnahmen, vermieden werden könnten. Schließlich steht am Ende der Wirk-

kette doch wieder der Mensch in Person des Triebfahrzeugführers.

Eigentlich klingt es ganz einfach: Sobald der Triebfahrzeugführer weiß, was ihn auf seiner Strecke erwartet, kann er darauf reagieren. Für ihn bedeutet das in der Regel: bremsen. Beispielsweise rechtzeitig vor einem Hin-

dernis, wie etwa einem Baufahrzeug mitten auf dem eigentlich für ihn exklusiv freigegebenen Streckenabschnitt.

Die Verbreitung und verteilte Auswertung von Verkehrslageinformationen in Zügen ist daher der Weg zur Lösung. Notwendig dafür ist ein robu-

### → **Ad-hoc Eigenschaften, Vehicular Ad-hoc Network**

Ein Vehicular Ad Hoc Network (VANet) ist ein mobiles Ad-hoc-Netz, dessen Knoten Fahrzeuge sind. Wichtige Eigenschaften sind dabei die Selbstorganisation (keine besondere Konfiguration vor Verbindungsaufbau notwendig) sowie die Dezentralität (es existiert kein zentraler Steuerungsknoten). Ein VANet muss spezielle Anforderungen erfüllen, die sich aus seinem Einsatzgebiet ergeben. So bewegen sich die Knoten eines VANet mit unterschiedlichen, aber ggf. recht hohen Geschwindigkeiten.

### → **Verbindungsgestützte Kommunikation**

Bevor Daten mithilfe einer Kommunikationsverbindung ausgetauscht werden können, muss die Verbindung zunächst aufgebaut und nach erfolgreicher Übertragung wieder abgebaut werden. Vorteil einer verbindungsgestützten Kommunikation ist die direkte Adressierbarkeit des Empfängers sowie die Einsatzmöglichkeit fehlerkorrigierender Maßnahmen. Hauptnachteil sind die zusätzlichen Zeiten für den Verbindungsauf- und -abbau.

### → **Hochgeschwindigkeitsnetz**

fast durchgängig doppelgleisiges Schienennetz mit typischen Geschwindigkeiten von mehr als 160 Kilometern pro Stunde

### → **Regionalstrecken**

zumeist einzelne Gleise mit typischen Geschwindigkeiten im Bereich von 80 bis 160 Kilometern pro Stunde

### → **Rangierbahnhöfe**

10 bis 40 parallele Gleise, typische Geschwindigkeit um die 30 Kilometer pro Stunde

tes und zuverlässiges Funk-Kommunikationsverfahren mit so genannten ad-hoc Eigenschaften. Sie sind besonders wichtig, da weder eine zentrale Stelle die Koordination aller Kommunikationsverbindungen übernehmen kann, noch in der Praxis die Zeit für verbindungsorientierte Verfahren bleibt. Bei anderen Verkehrsträgern (Luftfahrt, Schifffahrt) sind ähnliche Konzepte zur Kollisionsvermeidung bereits Alltag.

Dieses Kommunikationsprinzip hat nebenbei den großen Vorzug, dass keine Investitionen in die Infrastruktur vorgenommen werden müssen, wie etwa bei der Einführung der bahnspezifischen Variante des Mobilfunknetzes GSM-R. Und ein Migrationszenario, das heißt eine skalierende schrittweise Einführung des Systems, ist auch gleich gegeben. Denn alle mit entsprechender Technik ausgestatteten Züge können empfangene Verkehrslageinformationen auswerten und mit Informationen über den eigenen Fahrweg in Bezug bringen, um so vor eventuellen Gefahrensituationen zu warnen. Alle (noch) nicht ausgestatteten Züge können nach bisherigen Sicherheitsstandards verfahren.

Durch dieses so genannte „Safety Overlay“-Konzept wird also keines der bisherigen Sicherungssysteme abgelöst, sondern es wird ein komplementäres System ergänzt. Dies kann im Übrigen auch aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus die primäre Sicherungstechnologie werden, wenn andere infrastrukturell aufwändigere Sicherungstechnologien zu teuer sind, beispielsweise in wenig frequentierten Teilen eines Regionalbahnnetzes.

Betrachtet man die Einsatz-Szenarien

## **GRÖßTER NUTZEN AUF REGIONALSTRECKEN UND RANGIERBAHNHÖFEN**

eines solchen funkgestützten, infrastrukturlosen Kollisionsvermeidungssystems, wird klar, dass der Nutzen nicht primär bei den Hochgeschwindigkeitsnetzen liegt. Denn bei ihnen ist die Wahrscheinlichkeit von Zusammenstößen dank weitgehend kreuzungsfreier Streckenführung, hochmoderner, ETCS-ausgerüsteter Triebfahrzeuge und anderer Maßnahmen viel geringer als bei Regionalstrecken oder in Rangierbahnhöfen. In den Rangierbahnhöfen ist die Aufprallenergie bei Kollisionen durch die geringere Geschwindigkeit zwar nicht so groß, die Wahrscheinlichkeit von Kollisionen insgesamt aber höher. Dementsprechend ist das Kommunikationssystem vornehmlich auf die Reaktionszeiten dieser Geschwindigkeitsprofile auszulegen.

Eine Analyse legt nahe, dass man auf verbindungsgestützte Kommunikation von Zug zu Zug gänzlich verzichten kann. Stattdessen könnten jeder Zug oder auch entsprechend ausgerüstete stationäre Objekte wie das oben erwähnte Baufahrzeug seine aktuelle Position, die geplante Streckenführung und andere Daten an alle Empfänger in der Region abstrahlen. Berechnungen haben ergeben, dass das System für mindestens 500 potenziell gleichzeitig sendende Stationen, also Züge und andere Objekte, in einem Gebiet von etwa zehn Kilometern Durchmesser ausgelegt sein muss. Wie bei jedem Funkübertragungssystem ist dabei die Dimensionierung eng mit der Frage des nutzbaren Frequenzbereichs verknüpft. Neben technischen Rahmenbedingungen (die Ausbreitungsbedingungen von Funksignalen sind beispielsweise frequenz-



abhängig) sind hierbei vor allem regulatorische Aspekte von Bedeutung. So gibt es Frequenzbereiche, die bereits für bahnbetriebliche Nutzung vorgesehen sind (z. B. bei 460 Mhz). Leider unterscheiden sie sich je nach globaler Region und sind zudem in Abhängigkeit vom Einsatzzweck festgelegt.

## INFORMATIONSAUSTAUSCH MIT STRASSENFAHRZEUGEN

Die Wissenschaftler und Ingenieure des DLR sehen in der Kommunikation mit Straßenfahrzeugen Potenzial für weitergehende Lösungen. Ließe sich beispielsweise eine Kopplung des Kollisionsvermeidungssystems für Züge mit der ebenfalls vom DLR vorangetriebenen Standardisierung der Car2Car-Kommunikation erreichen, so könnten auch die Kollisionen von Zügen mit Straßenfahrzeugen an Bahnübergängen erheblich reduziert werden. Solche kleineren Zusammenstöße passieren in Deutschland durchschnittlich an zwei von drei Tagen. Dieses Vorhaben scheitert aber derzeit an den bereits verwendeten Frequenzen – die Car2Car-Kommunikation wird gerade für den Frequenzbereich um 5,9 GHz standardisiert.

Daher setzt sich das DLR im Rahmen der European Conference of Transport Research Institutes (ECTRI) für eine ganzheitliche Betrachtung von Kollisionsvermeidungssystemen beider Verkehrsträger als Teil einer intelligenten Verkehrsinfrastruktur ein.

### Autor:

Prof. Dr. Thomas Strang ist am DLR-Institut für Kommunikation und Navigation in Oberpfaffenhofen tätig und leitet das Projekt RCAS.

## DLR-ENTWICKLUNG IM RAHMEN DES PROJEKTS RAILWAY COLLISION AVOIDANCE SYSTEM

Das DLR entwickelt im Rahmen des Projekts Railway Collision Avoidance System (RCAS) ein tragfähiges Gesamtsystem, das in den nächsten zwei Jahren prototypisch umgesetzt und demonstriert werden soll. Die bedeutenden Informationen, beispielsweise über Position und Geschwindigkeit, geplante Streckenführung oder Lademaßüberschreitungen werden über Zug-zu-Zug-Kommunikation ausgetauscht. Das System bewertet die Situation und unterbreitet dem Fahrer bei kritischen Zuständen Lösungsvorschläge oder greift steuernd in das Bremsverhalten ein, so dass die Züge bei Kollisionsgefahr frühzeitig zum Stillstand kommen.

Mit den Wissenschaftlern des Instituts für Kommunikation und Navigation, die das eigentliche Kommunikationsverfahren unter bahnspezifischen Rahmenbedingungen entwickeln, arbeiten im Projekt RCAS Wissenschaftler und Ingenieure aus zwei weiteren DLR-Instituten zusammen: Das Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung in Braunschweig beantwortet die bahnbetrieblichen Fragestellungen. Es passt das gemeinsam erarbeitete Konzept an die Rahmenbedingungen und eisenbahnbetrieblichen Eigenschaften an und entwickelt es bis zur Integration der Komponenten in ein Versuchsfahrzeug weiter. Mitarbeiter des Instituts für Robotik und Mechatronik ergänzen das RCAS-System um optische Subsysteme, beispielsweise zur Überwachung der Hindernisfreiheit auf der Strecke.

